

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

Requested document:	<a href="#">JP11095842 click here to view the pdf document</a>
---------------------	--

## MULTI-AXIS CONTROLLER

Patent Number: JP11095842  
Publication date: 1999-04-09  
Inventor(s): NAKAMURA YUJI  
Applicant(s): YASKAWA ELECTRIC CORP  
Requested Patent: ☐ [JP11095842](#)  
Application JP19970255362 19970919  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G05D3/00; G05B19/18;  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multi-axis controller improved in follow-up precision to the command of a second axis without delay when the drive of the second axis is started by predictive control after the drive of a first axis is ended.

**SOLUTION:** This multi-axis controller for generating completion signals when the different of the position of the first axis during the drive and the reaching target position becomes less than the preset value and starting the drive of the other second axis after the completion signals are generated is provided with a means 2 for predicting the future position of the first axis and generating completion prediction signals by the comparison for the future position predicted value and the reaching target position, the means 3 for deciding and outputting a timing for outputting the future position command of the second axis by the completion prediction signals and the means 8 for productively controlling a second axis motor so as to match a second axis future position predicted by using the dynamic characteristic model of the second axis and the second axis future position command.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-95842

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 5 D 3/00

G 0 5 D 3/00

Q

G 0 5 B 19/18

H 0 2 P 7/67

A

H 0 2 P 7/67

G 0 5 B 19/18

C

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平9-255362

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月19日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 中村 裕司

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

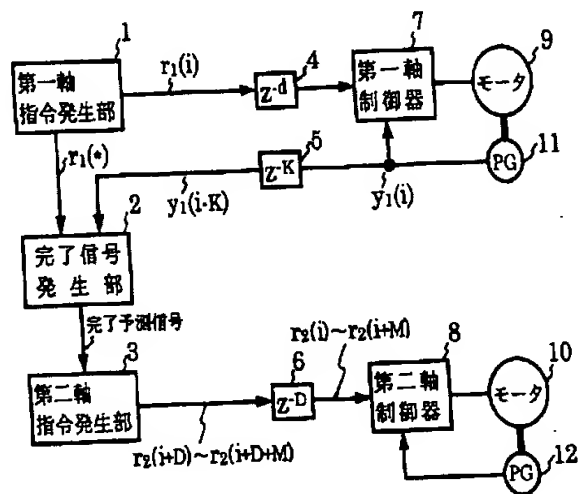
(74) 代理人 弁理士 萩野 平 (外4名)

(54) 【発明の名称】 多軸制御装置

(57) 【要約】

【課題】 第一軸の駆動終了後第二軸を予測制御で駆動開始する際に遅れがなくかつ第二軸の指令に対する追従精度が向上した多軸制御装置を提供する。

【解決手段】 駆動中の第一軸の位置とその到達目標位置との差があらかじめ設定した値以下となった時完了信号を発生し、当該完了信号発生後他の第二軸の駆動を開始する多軸制御装置において、第一軸の未来位置を予測して当該未来位置予測値と前記到達目標位置との比較により完了予測信号を発生する手段(2)と、当該完了予測信号により第二軸の未来位置指令を出力するタイミングを決定し出力する手段(3)と、第二軸の動特性モデルを用いて予測した第二軸未来位置と前記第二軸未来位置指令とが一致するように第二軸モータを予測制御する手段(8)と、を備えたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数軸の各軸モータを駆動する多軸制御装置であって、現在駆動中の一つの軸（以下、「第一軸」と称する）の位置とその到達目標位置との差があらかじめ設定した値以下となった時第一軸駆動完了信号を発生し、当該完了信号発生後他の一つあるいは複数の軸（以下、「第二軸」と総称する）の指令を発生し、第二軸の駆動を開始する多軸制御装置において、前記第一軸の指令を発生する手段と、前記第一軸の未来位置を予測し、当該未来位置予測値と前記到達目標位置との比較により完了予測信号を発生する手段と、当該完了予測信号により前記第二軸の未来位置指令を出力するタイミングを決定し出力する手段と、第二軸の動特性モデルを用いて予測した第二軸未来位置と前記第二軸未来位置指令とが一致するように第二軸モータを予測制御する手段と、を備えたことを特徴とする多軸制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数軸のモータを駆動する多軸制御装置に関するもので、特に、その予測制御に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来技術より、複数軸のモータを駆動する多軸制御装置において、現在駆動中の第一軸の駆動を終了した後第二軸の駆動を開始する場合、第一軸の位置とその到達目標位置との差があらかじめ設定した値以下となった時、完了信号を発生し、当該完了信号発生後第二軸の指令を発生し、第二軸の駆動を開始する方式が一般に行われている。この方式で、さらに、第二軸を予測制御で駆動すると、第二軸の指令に対する追従精度をより上げることができる。

【0003】第一軸と第二軸の制御を行いかつ第二軸を予測制御する装置としては、先に、特願平8-122419号において本出願人が提案した同期制御装置がある。すなわち、その特願平8-122419号に開示されている同期制御装置は、主軸モータに同期して従属軸モータを駆動するものであり、主軸位置指令のサンプリング周期間の増分値 $\Delta r_s(i+M-1)$ と $K(K \geq 0)$ サンプリング前の主軸位置増分値 $\Delta y_s(i-K)$ とを入力し、主軸位置指令増分値 $\Delta r_s(i)$ と数サンプリング先までの複数個の従属軸未来位置指令増分値 $\Delta r_z(i+m)$ ,  $m=D+1, D+2, \dots, D+M$ とを出力する予測装置と、前記主軸位置指令増分値の $d(d \geq 0)$ サンプリング遅れた信号 $\Delta r_s(i-d)$ を入力し、主軸モータを駆動制御し、主軸位置増分値 $\Delta y_s(i)$ を出力する主軸装置と、前記複数個の従属軸未来位置指令増分値の $D(D \geq 0)$ サンプリング遅れた信号 $\Delta r_z(i+m)$ ,  $m=1, 2, \dots, M$ を入力

し、従属軸の動特性モデルを用いて予測した従属軸位置が従属軸未来位置指令と一致するように従属軸モータを駆動制御する従属軸装置とから成り、前記予測装置において、現在に至までの過去複数点に入力した前記主軸位置指令増分値を記憶する手段と、記憶された値の内 $M-1$ サンプリング前に入力した前記主軸位置指令増分値 $\Delta r_s(i)$ を出力する手段と、現在に至るまでの過去複数点に入力した前記主軸位置増分値を記憶する手段と、 $d$ サンプリングの遅れを含めた主軸装置の動特性モデル、記憶された前記主軸位置指令増分値および前記主軸位置増分値により、数サンプリング先までの複数個の主軸位置増分値の予測値を求める演算器と、得られた複数個の主軸位置増分値の予測値から複数個の従属軸未来位置指令を求める変換器とを備えたことを特徴としている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、予測制御では、予測区間 $M$ だけ先の時刻までの未来位置指令が必要であるため、前記第一軸の完了信号後に第二軸の未来位置指令を発生すると予測区間分の遅れが生じてしまうという問題があった。また、特願平8-122419号の同期制御装置は、第一軸と第二軸とを同時に駆動してその同期精度を上げるもので、第一軸駆動終了後に第二軸の駆動を開始する場合には適用できないという問題があった。

【0005】そこで本発明は、第一軸の駆動終了後第二軸を予測制御で駆動開始する際に遅れの生じない多軸制御装置を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、複数軸の各軸モータを駆動する多軸制御装置であって、現在駆動中の一つの軸（以下、「第一軸」と称する）の位置とその到達目標位置との差があらかじめ設定した値以下となった時第一軸駆動完了信号を発生し、当該完了信号発生後他の一つあるいは複数の軸（以下、「第二軸」と総称する）の指令を発生し、第二軸の駆動を開始する多軸制御装置において、前記第一軸の指令を発生する手段と、前記第一軸の未来位置を予測し、当該未来位置予測値と前記到達目標位置との比較により完了予測信号を発生する手段と、当該完了予測信号により前記第二軸の未来位置指令を出力するタイミングを決定し出力する手段と、第二軸の動特性モデルを用いて予測した第二軸未来位置と前記第二軸未来位置指令とが一致するように第二軸モータを予測制御する手段と、を備えたことを特徴とするものである。

## 【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1に示して説明する。図中1は、現在駆動中の第一軸の指令発生部であり、現在時刻 $i$ において、第一軸の位置指令 $r_1(i)$ を遅延要素4を介して第一軸制御器7へ出

力し、さらに指令  $r_1(i+D+M-1) \sim r_1(i-K-Nb)$  を完了信号発生部2へ出力する。

【0008】完了信号発生部2は、これらの指令  $r_1(*)$  と  $K(K \geq 0)$  サンプリング前の第一軸位置  $y_1(i-K)$  とを入力し、遅延要素4を含めた第一軸の動特性モデルを用いて、第一軸の  $D+M$  サンプリング先の未来位置  $y_1^*(i+D+M)$  を予測し、その予測値と到達目標位置  $REF1$  との差、すなわち、 $|REF1 - y_1^*(i+D+M)|$  が予め設定した値以下となった時、完了予測信号を第二軸指令発生器3へ出力する。ここで  $M$  は第二軸の予測制御における予測区間である。

【0009】第二軸指令発生器3は、前記完了予測信号に従って、第二軸の未来位置指令  $r_2(i+D) \sim r_2(i+D+M)$  を遅延要素6を介して第二軸制御器8へ出力する。例えば、第二軸は位置  $r_0$  に停止しており、第一軸目標位置到達後の第二軸の指令系列は

$$\{r_0, r_1, r_2, r_3, \dots\}$$

であるとする。現在時刻  $i$  において完了予測信号を受け取った場合、未来時刻  $i+D+M$  で第一軸が目標位置に到達すると予測されるため、 $D$  サンプリング先から  $D+M$  サンプリング先までの第二軸の指令  $\{r_2(i+D), \dots, r_2(i+D+M)\}$  として  $\{r_0, \dots, r_0\}$  を出力し、1 サンプリング後の時刻  $i+1$  には  $\{r_0, \dots, r_0, r_1\}$  を出力し、時刻  $i+2$  には  $\{r_0, \dots, r_0, r_1, r_2\}$  と出力していき、時刻  $i+M$  には  $\{r_0, r_1, r_2, \dots, r_M\}$  を出力する。このように出力すれば、時刻  $i+D+M$  に実際に第一軸が目標位置に到達した時点で、第二軸制御器8は  $M$  サンプリング先までの第二軸指令  $\{r_2(i), \dots, r_2(i+M)\}$  として  $\{r_0, r$

$r_1, r_2, \dots, r_M\}$  を受け取ることができる。

【0010】なお、4、5、および、6は、位置指令と第一軸位置とを伝達する際に、伝送、演算、検出等の処理のために生じる各遅延要素である。前記第一軸位置指令  $r_1(i)$  は、遅延要素4により  $d(d \geq 0)$  サンプリング遅れ、 $r_1(i-d)$  が第一軸制御器7に入力される。7は、入力した前記第一軸位置指令  $r_1$  に従って第一軸モータ9の位置  $y_1(i)$  を制御する第一軸制御器である。

【0011】11は、第一軸位置  $y_1(i)$  を検出する位置検出器である。第一軸位置  $y_1(i)$  は、遅延要素5により  $K(K \geq 0)$  サンプリング遅れ、 $y_1(i-K)$  となり、前記完了信号発生部2に入力される。前記第二軸未来位置指令は、遅延要素6により  $D(D \geq 0)$  サンプリング遅れ、 $r_2(i+m)$ ,  $m=0, 1, \dots, M$  が第二軸制御器8に入力される。

【0012】8は、第二軸の動特性モデルを用いて予測した数サンプリング先までの第二軸未来位置が、入力した第二軸未来位置指令  $r_2(i+m)$ ,  $m=1, 2, \dots, M$  と一致するように第二軸モータを予測制御する第二軸制御器であり、12は、第二軸位置  $y_2(i)$  を検出する位置検出器である。ここで第二軸制御器8は、予測制御により速度指令  $v(i)$  を決定する手段と、決定した速度指令に従って第二軸モータ10の速度を制御する手段とを備えている。

【0013】予測制御として例えば特開平7-28508号公報(特願平5-197956号)で本出願人が提案したものをを用いた場合、速度指令  $v(i)$  は次式で決定される。

【0014】

【数1】

$$v(i) = \sum_{m=1}^M v_m \Delta r_2(i+m) - \sum_{n=0}^{N_{a2}-1} p_n \Delta y_2(i-n) + E e(i) - \sum_{n=1}^{N_{b2}-1} g_n v(i-n) \quad (1)$$

ここでは  $M$  は予測区間、 $e(i)$  は位置偏差、すなわち、 $e(i) = r_2(i) - y_2(i)$ 、 $N_{a2}$ 、 $N_{b2}$  は第二軸の前記動特性モデルの次数、 $v_m$ 、 $p_n$ 、 $E$ 、 $g_n$  は予測制御用定数であり、 $\Delta$  はサンプリング周期間の増分値を表す。

【0015】以下、前記未来位置  $y_1^*(i+D+M)$

$$y_1^*(i+m) = \sum_{n=K}^{N_{a1}+K} A_{n,K} y_1(i-n) + \sum_{n=1}^{N_{b1}+K+m} B_{n,K+m} r_1(i+m-n), \quad m=D+M \quad (2)$$

あるいは、

【0017】

の予測手段について説明する。完了信号発生部2において、第一軸の  $D+M$  サンプリング先の未来位置  $y_1^*(i+D+M)$  は、特願平8-122419の場合と同様にして求めると、次式

【0016】

【数2】

【数3】

$$y_1^*(i+D+M) = y_1(i-K) + \sum_{m=-K+1}^{D+M} \Delta y_1^*(i+m) \quad (3)$$

$$\Delta y_1^*(i+m) = \sum_{n=K}^{N_a+K-1} A_{mn} \Delta y_1(i-n) + \sum_{n=1}^{N_b+K+m-1} B_{mn} \Delta r_1(i+m-n),$$

$$m = -K+1, -K+2, \dots, D+M$$

で得られる。 $N_a$ ,  $N_b$  は、遅延要素4を含めた第一軸の動特性モデルの次数であり、(2)式の係数 $A_{mn}$ 、 $B_{mn}$ は(4)、(5)式で与えられ、

【0018】

【数4】

$$\begin{aligned} A_{nx} &= 1 + \hat{a}_{nx} & n &= K \\ A_{nn} &= \hat{a}_{nn} - a_{(n-K)} & K+1 \leq n \leq N_a+K \\ B_{nn} &= \hat{b}_{nn} - b_{(n-K-n)} & 1 \leq n \leq N_b+K+m \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、 $b_n = 0$  ( $n < 1$ ),  $\hat{a}_{n(N_a+K)} = \hat{b}_{n(N_b+K+m)} = 0$

【0019】

【数5】

$$\begin{aligned} \hat{a}_{(-K+1)_n} &= a_{(n-K+1)} & m &= -K+1, K \leq n \leq N_a+K-1 \\ \hat{a}_{nn} &= \sum_{j=1}^{n+K-1} a_j \hat{a}_{(n-j)_n} + a_{(n+m)} & m &> -K+1, K \leq n \leq N_a+K-1 \\ \hat{b}_{(-K+1)_n} &= b_n & m &= -K+1, 1 \leq n \leq N_b \\ \hat{b}_{nn} &= \sum_{j=1}^{n+K-1} a_j \hat{b}_{(n-j)_n} + b_n & m &> -K+1, 1 \leq n \leq N_b+K+m-1 \end{aligned} \quad (5)$$

ただし、 $a_n = 0$  ( $n > N_a$ ),  $b_n = 0$  ( $n > N_b$ ),  $\hat{b}_{nn} = 0$  ( $n < 1$ )

(3)式の係数 $A_{mn}$ 、 $B_{mn}$ は(6)式で与えられる。 【数6】  
【0020】

$$\begin{aligned}
 A_{(-K+1)n} &= a_{(n-K+1)} & m &= -K+1, K \leq n \leq N_a+K-1 \\
 A_{nn} &= \sum_{j=1}^{m+K-1} a_j A_{(n-j)n} + a_{(n+m)} & m &> -K+1, K \leq n \leq N_a+K-1 \\
 B_{(-K+1)n} &= b_n & m &= -K+1, 1 \leq n \leq N_b \\
 B_{nn} &= \sum_{j=1}^{m+K-1} a_j B_{(n-j)(n-1)} + b_n & m &> -K+1, 1 \leq n \leq N_b+K+m-1
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

ただし、 $a_n=0$  ( $n>N_a$ ),  $b_n=0$  ( $n>N_b$ ),  $B_{nn}=0$  ( $n<1$ )

また、図中の第二軸に関する2、3、6、8、10、12をそれぞれ複数軸分備えることによって、複数軸を駆動することも可能である。

#### 【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、第一軸の未来位置を予測する手段と、当該未来位置予測値と前記到達目標位置との比較により完了予測信号を発生する手段と、当該完了予測信号により前記第二軸の未来位置指令を出力するタイミングを決定し出力する手段と、第二軸の動特性モデルを用いて予測した第二軸未来位置が、出力された前記第二軸未来位置指令と一致するように第二軸モータを予測制御する手段と、を備えたことにより、第一軸の駆動終了後第二軸を予測制御で駆動開始する際に遅れがなく、かつ、予測制御によって第二

軸の指令に対する追従精度が向上した多軸制御装置が実現されるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的実施例を示す図。

#### 【符号の説明】

- 1 第一軸指令発生部
- 2 完了信号発生部
- 3 第二軸指令発生部
- 4、5、6 遅延要素
- 7 第一軸制御器
- 8 第二軸制御器
- 9 第一軸モータ
- 10 第二軸モータ
- 11、12 位置検出器

【図1】

